

BAB II

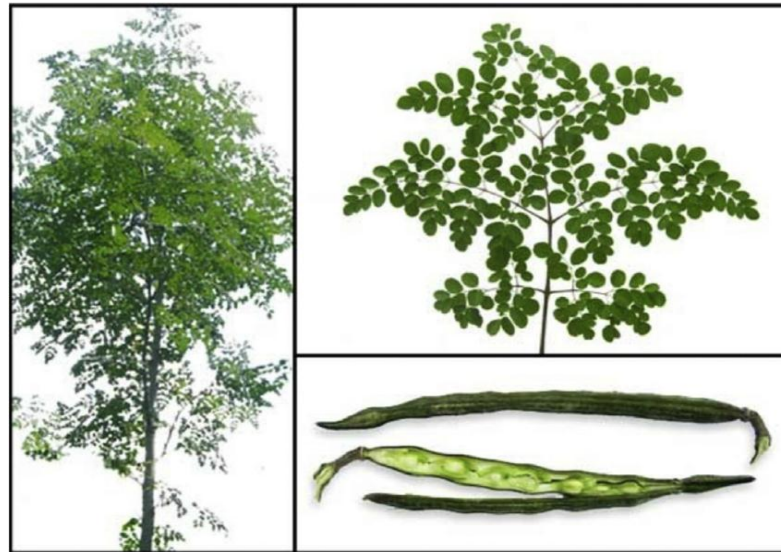
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kelor (*Moringa Oleifera*)

2.1.1 Deskripsi

Moringa oleifera Lam. atau yang lebih akrab dikenal sebagai tanaman kelor memiliki klasifikasi sebagai berikut:⁸

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Division	: <i>Spermatophyta</i>
Subdivisio	: <i>Angiospermae</i>
Classis	: <i>Dicotyledone</i>
Subclassis	: <i>Dialypetalae</i>
Ordo	: <i>Brassicales</i>
Famili	: <i>Moringaceae</i>
Genus	: <i>Moringa</i>
Spesies	: <i>Moringa oleifera</i>



Gambar 1. Kelor (*Moringa oleifera*).³⁴

Penulisan binomial nomenklatur tanaman kelor secara lengkap adalah *Moringa oleifera* Lam. dimana setelah penulisan spesies diikuti dengan notasi *author* nya yaitu Lam. yang merupakan singkatan dari Lamarck. Namun tak jarang ditemui pada berbagai literatur yang hanya menuliskan nama spesiesnya saja yaitu *Moringa oleifera*. Di Indonesia kelor (*Moringa oleifera*) menyebar mulai dari Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara Timur dan Nusa Tenggara Barat. Adapun nama daerah dari tanaman ini selain kelor adalah kelintang, Limaran.⁸

Kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman perdu dengan tinggi batang 7-11 meter. Batang berkayu getas (mudah patah), cabang jarang, tetapi mempunyai akar yang kuat. Bunga berbau semerbak, berwarna putih kekuningan, dan tudung pelepah bunganya berwarna hijau, sedangkan buahnya berbentuk segitiga memanjang. Akar tunggang, berwarna putih, membesar seperti lobak. Daun majemuk, bertangkai panjang, tersusun berseling (*alternate*), beranak daun

gasal (*imparipinnatus*), helai daun saat muda berwarna hijau muda, setelah dewasa hijau tua, bentuk helai daun bulat telur, tipis lemas, ujung dan pangkal tumpul (*obtusus*), tepi rata, susunan pertulangan menyirip (*pinnate*), permukaan atas dan bawah halus. Daun kelor dapat dipanen setelah tanaman tumbuh 1,5 hingga 2 meter. Pemanenan dilakukan dengan cara memetik batang daun dari cabang atau dengan memotong cabangnya dengan jarak 20 sampai 40 cm di atas tanah.⁸

Kelor (*Moringa oleifera*) adalah tanaman yang berumur panjang (*perennial*) yang dapat tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi sampai ketinggian ± 1000 dpl. Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman yang dapat mentolerir kondisi lingkungan sehingga mudah tumbuh meski dalam kondisi ekstrim. Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) dapat bertahan dalam musim kering yang panjang dan tumbuh dengan baik di daerah dengan curah hujan tahunan berkisar antara 250 sampai 1500 mm. Meskipun lebih suka tanah kering lempung berpasir atau lempung, tetapi dapat hidup di tanah yang didominasi tanah liat.⁸

2.1.2 Kandungan Kimia Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*)

Banyaknya manfaat dari kelor (*Moringa oleifera*) berhubungan dengan kandungan bahan aktif yang terdapat dalam tanaman. Hasil analisis ekstrak etanol pada daun kelor (*Moringa oleifera*) menunjukkan adanya senyawa alkaloid, flavonoid, steroid, terpenoid, tannin, saponin, karbohidrat, glikosida dan gula tereduksi dalam jumlah yang bervariasi. Flavonoid ditemukan dalam jumlah

paling banyak. Kandungan karbohidrat, gula tereduksi, dan alkaloid terdeteksi dalam jumlah sedang. Di lain pihak, kandungan tannin, saponin, glikosida dan terpenoid dalam jumlah sedikit. Hasil analisis kandungan sitosterol dan stigmasterol dalam daun menunjukkan bahwa kandungan stigmasterol lebih banyak dibandingkan sitosterol.⁹

2.1.3 Manfaat Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*)

Kelor (*Moringa oleifera*) memiliki manfaat sebagai antikanker, antitumor, antibakteri, antiinflamatori, antikarsinogenik dan juga kaya akan antioksidan. Kelor (*Moringa oleifera*) memiliki efek mendinginkan sehingga bermanfaat bagi penderita radang atau kanker. Daunnya yang kaya akan nutrisi merupakan sumber beta karoten, vitamin C, besi, dan potassium. Umumnya masyarakat yang rajin mengonsumsi kelor (*Moringa oleifera*) lebih berenergi dan lebih sehat karena tanaman kelor (*Moringa oleifera*) dapat memenuhi kekurangan gizi dalam tubuh.⁹

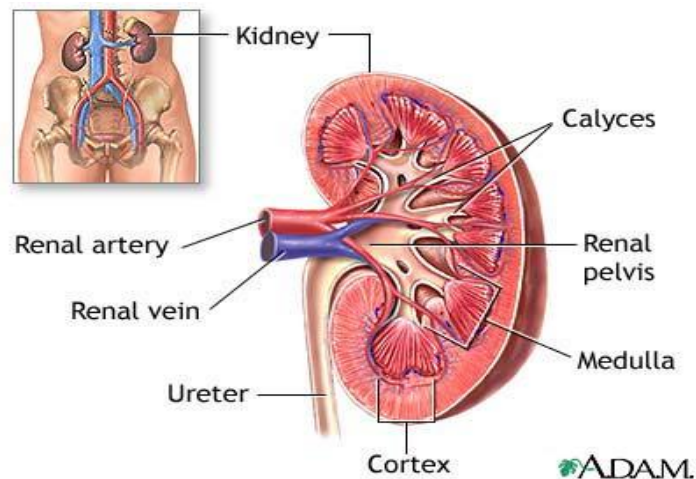
Telah dilaporkan dalam banyak studi bahwa tanaman kelor (*Moringa oleifera*) dapat mengurangi nefrotoksisitas karena kaya akan antioksidan. Aktivitas antioksidan dari kelor (*Moringa oleifera*) terutama karena adanya senyawa fenolik sebagai senyawa polifenol utama dalam daun kelor (*Moringa oleifera*), yaitu senyawa kaempferol, rhamnetin, quercetin, asam klorogenat, rutin, apigenin. senyawa polifenol bertindak sebagai pereduksi via pengambilan oksigen singlet dan donatur atom hidrogen sehingga terjadi stabilisasi dari radikal bebas dan membentuk senyawa stabil yang tidak oksidasi. Senyawa polifenol menangkap radikal bebas melalui mekanisme menghambat ROS dan peroksidasi lipid dalam jaringan ginjal. Senyawa polifenol termasuk flavonoid dapat

melindungi sel terhadap pengosongan glutathione tereduksi melalui mengaktifkan aktivitas glutathione reduktase serta meningkatkan aktivitas enzim antioksidan lain yang pada akhirnya membantu dalam nefroproteksi. Salah satu antioksidan dalam kelor (*Moringa oleifera*) yaitu zeatin. Zeatin merupakan antioksidan kuat tertinggi dengan sifat antipenuaan. Zeatin memperlambat proses penuaan sel dengan membantu menggantikan sel-sel tubuh pada tingkat yang lebih cepat. Berdasarkan penelitian juga diketahui bahwa zeatin sebagai antioksidan yang bertindak melawan kerusakan sel yang disebabkan oleh radikal bebas selama proses penuaan sel dan melindungi sel-sel dari stress.¹⁰

Selain zeatin, kelor (*Moringa oleifera*) juga mengandung 46 antioksidan kuat lainnya, antara lain : vitamin A, vitamin C, vitamin E, vitamin K, vitamin B (Cholin), vitamin B1 (Thiamin), vitamin B2 (Riboflavin), vitamin B3 (Niacin), vitamin B6, alanin, alfa-karoten, arginin, beta-karoten, beta-sitosterol, asam kafeoilkuinat, kampesterol, karotenoid, klorofil, kromium, delta-5-avenasterol, delta-7-avenasterol, glutathione, histidin, asam asetat indol, indoleasetonitril, kaempferol, leucine, lutein, metionin, asam miristat, asam palmitat, prolamin, prolin, kuersetin, rutin, selenium, treonin, triptofan, xantin, xantofil, zeatin, zeaxantin, zinc.¹⁰ Disamping mekanisme aktivitas antioksidan yang dimiliki tanaman kelor (*Moringa oleifera*) sebagai nefroprotektor, mekanisme lain yang dimilikinya yaitu efek simpatolitik, memodulasi sintesis *Nitric Oxide* serta dapat menginaktivasi sistem renin angiotensin.⁵

2.2 Ginjal

2.2.1 Anatomi Ginjal



Gambar 2. Anatomi Ginjal.¹¹

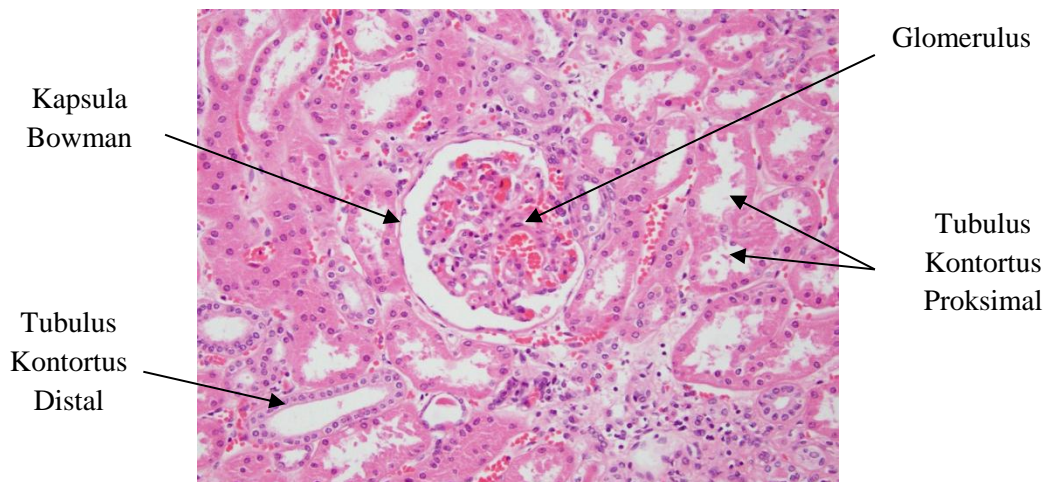
Ginjal merupakan suatu organ terletak retroperitoneal pada dinding abdomen di kanan dan kiri columnae vertebrales setinggi vertebra T12 hingga L3. Ginjal kanan terletak dibawah hepar sehingga letaknya lebih rendah dibandingkan ginjal kiri. Permukaan ginjal tampak halus dan licin oleh karena adanya selaput jaringan fibrosa yang disebut sebagai *capsula renalis*. Ginjal memiliki beberapa bagian, salah satunya adalah margo medialis dimana pada bagian tersebut tampak cekung dan terdapat hilus renalis yang merupakan tempat masuk dari pembuluh darah, ureter, limfe dan saraf. Apabila ginjal dibelah memanjang dari margo medialis ke margo lateralis maka dapat diketahui bahwa ginjal terdiri dari dua bagian yaitu *cortex renis* dan *medulla renis*.¹²

Bagian korteks ginjal berwarna agak pucat dan memiliki konsistensi granular. Di kortek ginjal ini terdiri dari korpuskulum renalis, tubulus kontortus serta tubulus kolektivus bagian awal. Sedangkan pada bagian medulla ginjal tersusun dari beberapa bangunan yang berbentuk seperti pyramid yang disebut pyramidesrenales. Bagian dari ginjal yang menempati dari medulla di antaranya adalah ansa henle dan tubulus kolektivus.¹²

Sistem pendarahan yang mendarahi ginjal berasal dari arteri renalis yang merupakan cabang dari arteri abdominalis. Sedangkan sistem limfe pada ginjal terdiri dari tiga anyaman limfe yaitu yang terdapat dalam substansia ginjal, dalam subkapsula dan dalam jaringan lemak perirenalis. Muara dari aliran limfe ginjal ini berakhir pada nl.aorticus. Selain terdapat sistem perdarahan dan sistem limfe, ginjal juga terdapat sistem saraf yang mensarafi yaitu berasal dari pleksus aorticorenalis yang mengikuti arteri renalis dimana sifat dari persarafan ini adalah vasomotor untuk pembuluh darah pada ginjal.¹²

2.2.2 Histologi Ginjal

Unit kerja fungsional ginjal disebut sebagai nefron. Dalam setiap ginjal terdapat sekitar 1 juta nefron. Setiap nefron terdiri atas corpusculum renalis malpighi, tubulus kontortus proksimal, ansa henle, dan tubulus kontortus distal.¹³



Gambar 3. Histologi Ginjal.¹⁴

Tubulus Kontortus Proksimal (TC I) merupakan segmen berkelok-kelok, yang panjangnya dapat mencapai 14 mm. TC I banyak ditemukan di daerah korteks dan cepat mengalami degenerasi post mortem. Sel epitel TC I berbentuk kolumnar selapis, inti sel membesar, sitoplasma jernih, permukaan sel terdapat *brush border*, lumen tidak rata dan sempit. Fungsi utama sel ini adalah absorpsi. Sebagian besar air, Na, glukosa, asam amino dan protein akan direabsorpsi oleh TC I. Tubulus ini sensitive terhadap kekurangan oksigen dan racun.¹⁵

Ansa henle berbentuk seperti huruf “U” mempunyai segmen tebal diikuti segmen tipis. Ansa henle ada dua bagian, yakni henle descenden dan henle ascenden. Henle descenden merupakan kelanjutan bagian distal TC I. Bagian ini masuk ke medulla dan tiba-tiba lumennya menyempit, sel – selnya menjadi

squamus. Mulai di sini disebut segmen tipis henle descenden. Kemudian berlanjut menjadi segmen tipis henle ascenden lalu dindingnya menebal kembali dengan lumen lebih lebar. Bagian ini disebut segmen tebal henle ascenden yang gambarannya menyerupai TC II. Fungsi ansa henle adalah mengatur keseimbangan cairan di lumen dan di luar lumen tubulus.¹⁵

Tubulus kontortus distal (TC II) dimulai dari macula densa dan berakhir di tubulus kolektivus. Macula densa adalah proliferasi inti-inti sel epitel segmen tebal henle ascenden yang menempel glomerulus. Sel epitel TC II berbentuk kuboid simpleks, inti sel banyak dan lebih kecil, sitoplasma violet, lumen jelas, dan permukaan sel tidak mempunyai *brush border*. TC II berfungsi menyerap sisa cairan yang belum diserap di tubulus sebelumnya.¹⁵

Tubulus kolektivus bukan bagian dari nefron.¹⁵ Tubulus kolektivus merupakan saluran dengan lumen besar, sel – selnya berbentuk kuboid simpleks dengan sitoplasma ungu pucat.¹³ Sel – sel ini menerima urine dari TC II dan berlanjut ke duktus papilaris Bellini lalu ke calyces dan ke ureter. Fungsi tubulus ini menyerap air yang dipengaruhi *Anti Diuretic Hormon* (ADH).¹⁵

2.2.3 Fisiologi Ginjal

Ginjal menjalankan fungsi yang vital sebagai regulator dalam mempertahankan keseimbangan cairan dan elektrolit dalam tubuh. Selain itu, ginjal juga mempunyai peranan penting dalam mengeluarkan bahan-bahan sisa metabolik yang mempunyai potensi bersifat toksik dan mengeluarkan senyawa-senyawa asing dari tubuh.¹⁶

Fungsi spesifik yang dimiliki oleh ginjal antara lain:¹⁶

- 1) Mempertahankan keseimbangan air (H_2O) dalam tubuh.
- 2) Mempertahankan osmolaritas cairan tubuh melalui regulasi keseimbangan air (H_2O).
- 3) Mengatur jumlah dan konsentrasi ion cairan ekstra sel (CES) termasuk natrium, klorida, kalsium, ion hidrogen, bikarbonat, sulfat, dan magnesium.
- 4) Mempertahankan volume plasma untuk menjaga tekanan darah arteri.
- 5) Mempertahankan keseimbangan asam basa dalam tubuh.
- 6) Mengeluarkan sisa-sisa metabolisme tubuh dan senyawa asing yang ada dalam tubuh.
- 7) Menghasilkan hormon eritropoetin dan renin.
- 8) Merubah vitamin D menjadi senyawa aktif.

Hasil dari kerja ginjal nantinya berupa urin yang berisikan bahan-bahan yang sudah tidak dibutuhkan lagi oleh tubuh. Proses kerja dari ginjal normal terdiri dari tiga proses dasar, yaitu:

- 1) Filtrasi oleh glomerulus.

Proses filtrasi merupakan langkah pertama dalam pembentukan urin. Zat-zat yang dapat terfiltrasi oleh glomerulus adalah zat dengan diameter hingga 4nm sedangkan zat yang berdiameter lebih dari 8nm tidak dapat terfiltrasi oleh glomerulus. Kurang lebih dalam setiap menitnya terbentuk 125 ml filtrat glomerulus yang dihasilkan oleh seluruh glomerulus yang setara dengan 180 liter setiap hari.^{16,17}

2) Reabsorpsi oleh tubulus.

Proses reabsorpsi dilakukan oleh tubulus setelah keluar dari glomerulus, dimana terjadi perpindahan selektif bahan-bahan yang masih dibutuhkan oleh tubuh dari lumen tubulus ke plasma kapiler peritubulus (darah). Sedangkan bahan-bahan yang sudah tidak dibutuhkan oleh tubuh akan tetap berada di dalam urin untuk dikeluarkan dari dalam tubuh.¹⁶

3) Sekresi tubulus.

Merupakan mekanisme pemindahan bahan-bahan dari kapiler peritubulus ke dalam lumen tubulus melalui mekanisme difusi pasif.^{16,17}

2.2.4 Patologi Ginjal

2.2.4.1 Degenerasi dan Nekrosis

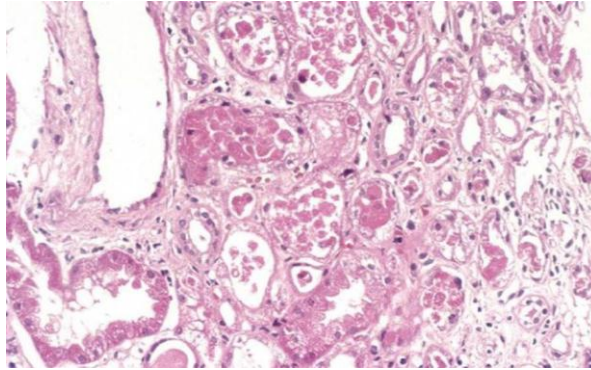
Sel adalah unit terkecil yang menunjukkan semua sifat dari kehidupan. Aktifitasnya memerlukan energi dari luar untuk proses pertumbuhan, perbaikan, dan reproduksi. Dalam kondisi normal atau sehat sel berada dalam keadaan homeostatis, dimana terjadi keseimbangan sel dengan lingkungan sekitar. Ketika mengalami stres fisiologis atau rangsang patologis, sel bisa beradaptasi mencapai kondisi baru dan mempertahankan kelangsungan hidupnya. Namun bila terjadi gangguan berat, sel dapat mengalami satu rangkaian perubahan biokemi dan atau morfologi. Perubahan tersebut bisa kembali ke kondisi normal (reversibel) atau tidak (ireversibel).^{18,19}

Perubahan reversibel yang sering terjadi dan dapat diamati adalah degenerasi. Beberapa contoh jenis degenerasi antara lain, degenerasi lemak, hialin,

mukoid, hidropik, dan albumin. Perubahan reversibel dapat menjadi ireversibel ketika mekanisme penyesuaian atau adaptasi mengalami ketidakmampuan lagi (kelelahan). Nekrosis merupakan jejas sel yang ireversibel dan dapat terjadi akibat hilangnya suplai darah atau setelah terpapar toksin dan ditandai dengan pembengkakan sel, denaturasi protein, serta kerusakan organel sel. Perubahan inti sel yang mengalami nekrosis dapat berupa piknosis, yang ditandai dengan penggumpalan kromatin, karioreksis yaitu fragmentasi material inti, dan lisisnya kromatin inti atau kariolisis. Fragmen inti sel dalam sel yang mati akan menghilang dalam 1-2 hari.^{18,19}

Perubahan morfologi yang sering terjadi pada ginjal yaitu perubahan morfologi yang reversibel dan ireversibel. Perubahan reversibel antara lain adalah degenerasi sel tubulus, inflamasi sel tubulus, dan terbentuknya cast, sedangkan perubahan irreversibel dari sel tubulus antara lain adalah atrofi atau dilatasi lumen, fibrosis sel tubulus, dan yang paling berat adalah nekrosis sel tubulus. Perubahan irreversibel biasanya ditandai dengan hilangnya *brush border* dan inti sel yang memipih.^{18,19}

2.2.4.2 Nekrosis Tubular Akut (NTA)



Gambar 4. Nekrosis Tubular Akut. ¹⁴

Nekrosis Tubular Akut (NTA) adalah suatu kelainan klinikopatologi yang secara morfologik ditandai oleh destruksi sel epitel tubulus dan klinik dengan gangguan faal ginjal akut, dibedakan atas NTA nefrotoksik dan NTA iskemik. NTA nefrotoksik disebabkan oleh berbagai bahan yang bersifat racun, misalnya logam berat (merkuri/Hg), bahan organik (karbon tetraklorida), maupun obat-obatan (gentamisin, antibiotika lain atau bahan kontras pemeriksaan radiologik).¹⁸ Kerusakan ginjal akibat zat nefrotoksik terlihat dari adanya penyempitan tubulus proksimal, nekrosis sel epitel tubulus proksimal, dan adanya hialin cast di tubulus distal. Tampak juga degenerasi tubulus proksimal yang mengandung debris, tetapi membrana basalis utuh.^{19,20}

Nekrosis Tubular Akut (NTA) iskemik dapat terjadi karena berkurangnya aliran darah ke ginjal misalnya pada pasien yang mengalami syok akibat perdarahan, trauma, luka bakar, trauma, obstruksi usus, reaksi transfusi, dan operasi. Karena epitel tubulus-tubulus ginjal terutama tubulus proksimal sangat peka terhadap suatu iskemia, maka jaringan ini dalam batas-batas tertentu akan

mengalami kerusakan, walaupun sisa jaringan ginjal lainnya tampak seperti tidak mengalami kelainan.^{19,20}

NTA merupakan penyebab utama dari gagal ginjal akut, dengan gejala klinis oliguria yang dilanjutkan diuresis. Adanya kerusakan tubulus menyebabkan retensi cairan, sehingga terjadi uremia, hiperkalemia, edem, ketidakseimbangan elektrolit, asidosis, peningkatan blood urea nitrogen (BUN) sekitar 25-30mg/dl per-hari, dan kreatinin kira-kira 2,5mg/dl per-hari. Setelah penyembuhan, epitel tubulus diganti dengan sel yang belum memiliki kemampuan selektif, sehingga urin mudah lewat tanpa absorpsi yang mengakibatkan dehidrasi dan hilangnya elektrolit tertentu.^{19,20}

Perjalanan klinik dari NTA dibedakan atas tahap awal, maintenance dan penyembuhan. Tahap awal berlangsung selama 36 jam, ditandai dengan penurunan pengeluaran kemih (oliguria); tahap maintenance berlangsung dari hari kedua sampai keenam, pengeluaran kemih turun drastis sampai 50-400 ml/hari disertai tanda-tanda uremia. Tahap penyembuhan ditandai dengan peningkatan pengeluaran urin mencapai 3 liter per hari. Gangguan keseimbangan elektrolit dapat terjadi pada tahap ini. Risiko terkena infeksi besar sehingga 25% penderita meninggal pada tahap ini.¹⁸

2.2.5 Faktor-faktor yang Berpengaruh pada Kerusakan Ginjal

Faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan ginjal antara lain:

1) Obat atau zat kimia toksik

Obat-obatan yang bersifat nefrotoksik misalnya *acetaminophen*, NSAID, dan aminoglikosida. Sedangkan contoh zat kimia toksik adalah formalin, pewarna sintesis metanil yellow, rodhamin B, amaranth.^{19,20}

2) Dosis

Semakin tinggi dosis suatu zat yang diberikan maka akan semakin tinggi pula kerusakan sel yang diakibatkan.^{19,20}

3) Nutrisi

Keadaan gizi atau nutrisi diperlukan untuk mempertahankan fungsi fisiologi dari suatu sel.^{19,20}

4) Usia

Pada usia lanjut akan terjadi kemunduran fungsi ginjal sehingga ginjal lebih rentan mengalami kerusakan.^{19,20}

5) Jenis Kelamin

Jenis kelamin berkaitan dengan proses hormonal yang berpengaruh terhadap proses metabolisme di dalam tubuh.^{19,20}

6) Penyakit/Infeksi

Penyakit pendahulu atau penyerta akan memperberat terjadinya kerusakan ginjal akibat terganggunya fungsi fisiologis maupun perubahan morfologi.^{19,20}

7) Alkohol

Konsumsi alkohol yang berlebihan dan dalam jangka waktu panjang akan merusak ginjal ataupun memperparah kerusakan yang telah terjadi.^{19,20}

8) Stress

Stress pada organ ginjal dapat menyebabkan sel mengalami cedera.^{19,20}

2.3 Formalin

2.3.1 Definisi dan Fungsi Formalin

Larutan formaldehida atau larutan formalin dengan rumus molekul CH_2O mempunyai nama dagang formalin, mengandung kira-kira 37% gas formaldehida dalam air. Biasanya ditambahkan 10–15% methanol untuk menghindari polimerisasi. Formalin bisa berbentuk cairan jernih, tidak berwarna, dan berbau menusuk atau berbentuk tablet dengan berat masing-masing 5 gram.¹

Formaldehida mempunyai sifat antimikroba karena kemampuannya menginaktivasi protein dengan cara mengkondensasi asam amino bebas dalam protein menjadi campuran lain. Kemampuan dari formaldehida meningkat seiring dengan peningkatan suhu. Karena kemampuan tersebut, maka formalin digunakan sebagai pengawet.²¹

Formalin adalah bahan pengawet yang digunakan dalam dunia kedokteran, misalnya sebagai bahan pengawet mayat dan hewan-hewan untuk keperluan penelitian.

Selain sebagai bahan pengawet, formalin juga memiliki fungsi lain sebagai berikut:

- 1) Zat antiseptik untuk membunuh mikroorganisme.
- 2) Desinfektan pada kandang ayam dan sebagainya.
- 3) Antihidrolik (penghambat keluarnya keringat) sehingga digunakan sebagai bahan pembuat deodoran.
- 4) Bahan campuran dalam pembuatan kertas tisu untuk toilet.
- 5) Bahan baku industri pembuatan lem plywood, resin, maupun tekstil.²¹

2.3.2 Penyalahgunaan Formalin

Adanya kegunaan formalin sebagai pengawet, maka banyak produsen makanan yang menggunakan formalin sebagai pengawet makanan. Produsen lebih memilih menggunakan formalin dikarenakan harga yang murah, kemudahan dalam mendapatkan formalin itu sendiri dan efektifitas dari formalin dimana hanya dengan jumlah yang sedikit dapat mengawetkan makanan dalam jumlah banyak. Ditambah lagi sifat formalin yang mudah larut dalam air dan sangat reaktif pada kondisi basa, sehingga formalin pada makanan mudah larut jika direndam pada air biasa maupun di air panas. Sayangnya pada saat formalin digunakan sebagai bahan pengawet makanan, tampilan makanan tidak berubah sehingga banyak konsumen yang tidak mengetahui bahwa makanan tersebut mengandung formalin.^{21,22}

Berdasarkan hasil investigasi dan pengujian laboratorium yang dilakukan Balai Besar Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM), mengemukakan hasil uji Pangan Jajanan Anak Sekolah (PJAS) di sekolah dasar (SD) yang diintervensi di Jakarta tahun 2013 yang tidak memenuhi syarat (TMS) sebesar 17,1% dan tahun 2014 sebesar 14,76%. PJAS tersebut TMS karena kualitas mikrobiologis yang tidak memenuhi syarat, serta masih mengandung bahan berbahaya yang dilarang digunakan dalam pangan, seperti formalin. Data hasil pengawasan Balai BPOM di Jakarta terhadap pangan jajanan menunjukkan bahwa peredaran makanan yang dicurigai mengandung bahan berbahaya pada tahun 2013 sampai tahun 2014 meningkat dari 7,86% menjadi 15,06%.²³

2.3.3 Farmakokinetik dan Metabolisme Formalin

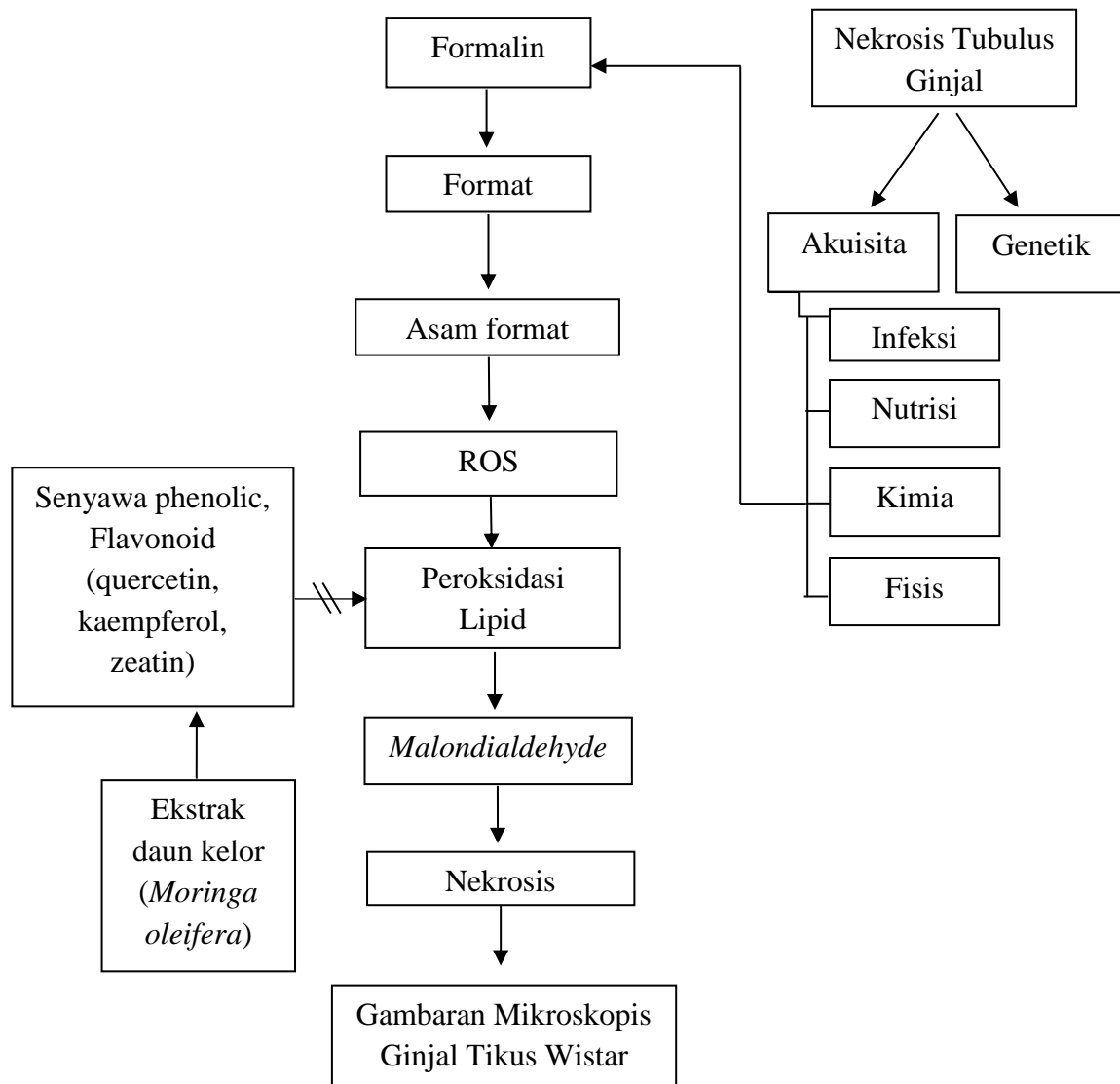
Formalin dapat terserap dalam tubuh melalui berbagai cara yaitu melalui peristiwa inhalasi, oral (melalui traktus digestivus) dan melalui kontak dengan kulit. Namun penyerapan formalin melalui kulit tidak sebaik dibandingkan melalui inhalasi dan oral. Setelah terserap oleh tubuh, formalin akan dimetabolisme menjadi senyawa format oleh enzim formaldehid dehidrogenase. Proses ekskresi dari formalin dapat melalui dua jalur yaitu melalui ginjal dalam bentuk asam format dan melalui proses ekspirasi paru dalam bentuk karbondioksida. Namun, proses ekskresi formalin terutama terjadi di ginjal melalui urin.^{2,3}

2.3.4 Dampak Formalin pada Ginjal

Formalin yang tertelan dan masuk dalam tubuh dapat menurunkan antioksidan *Superoxyde Dismutase* (SOD) dan meningkatkan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang dapat menyebabkan terjadinya stress oksidatif yang bisa menimbulkan kerusakan sel tubuh. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya peningkatan kadar malondialdehyde (MDA) setelah terpapar oleh formalin. Malondialdehyde (MDA) merupakan metabolit hasil peroksidasi lipid oleh radikal bebas yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada sel tubulus ginjal yaitu seperti nekrosis.²⁴

Kadar ROS yang tinggi pada ginjal memicu peradangan pada sel ginjal sehingga mediator inflamasi banyak dilepaskan seperti sitokin, kemokin, dan arakidonat. Dengan adanya pelepasan mediator inflamasi tersebut maka makrofag akan terpicu untuk berkumpul sehingga menyebabkan rantai reaksi peradangan pada ginjal yang memicu terjadinya perusakan ginjal.²⁴

2.4 Kerangka Teori

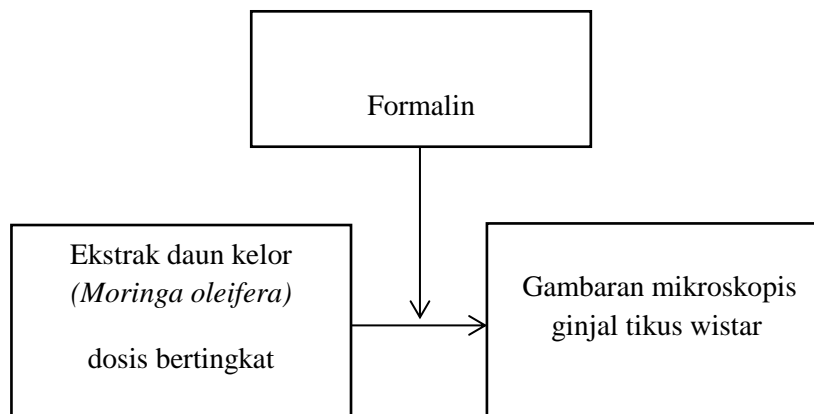


Keterangan :

—→ : menyebabkan

—//→ : menghambat

2.5 Kerangka Konsep



Gambar 5. Kerangka Konsep Penelitian

2.6 Hipotesis

2.6.1 Hipotesis Mayor

Terdapat pengaruh pemberian ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dosis bertingkat pada gambaran mikroskopis ginjal tikus wistar yang diinduksi formalin.

2.6.2 Hipotesis Minor

- 1) Terdapat perbedaan pada gambaran mikroskopis ginjal tikus wistar yang diberi aquades selama 5 hari lalu dilanjutkan pemberian formalin 100 mg/kgBB/hari selama 21 hari dengan tikus wistar yang tidak diberi perlakuan apapun.
- 2) Terdapat perbedaan pada gambaran mikroskopis ginjal tikus wistar yang diberi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) 200 mg/kgBB/hari selama 5 hari lalu dilanjutkan pemberian formalin 100 mg/kgBB/hari dan diberi

ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) 200 mg/kgBB/hari selama 21 hari dengan kelompok kontrol.

- 3) Terdapat perbedaan pada gambaran mikroskopis ginjal tikus wistar yang diberi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) 400 mg/kgBB/hari selama 5 hari lalu dilanjutkan pemberian formalin 100 mg/kgBB/hari dan diberi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) 400 mg/kgBB/hari selama 21 hari dengan kelompok kontrol.
- 4) Terdapat perbedaan pada gambaran mikroskopis ginjal tikus wistar yang diberi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) 800 mg/kgBB/hari selama 5 hari lalu dilanjutkan pemberian formalin 100 mg/kgBB/hari dan diberi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) 800 mg/kgBB/hari selama 21 hari dengan kelompok kontrol.
- 5) Terdapat perbedaan hasil pada gambaran mikroskopis ginjal tikus wistar antar kelompok perlakuan.